

d.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-244799

(43)Date of publication of application : 08.09.2000

(51)Int.Cl.

H04N 5/232

G03B 19/02

(21)Application number : 11-042934

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 22.02.1999

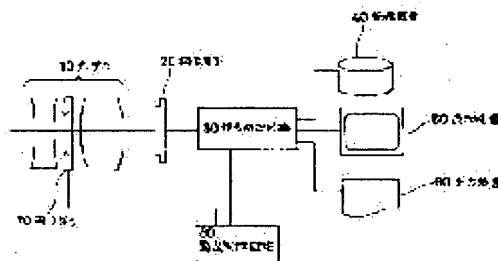
(72)Inventor : TAKADA KATSUHIRO

(54) IMAGE PICKUP DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain high picture quality even from a magnified picture by providing an aperture stop and selecting a diameter of encircled energy, number of pixels of an imaging device and a pixel pitch to be a specific range respectively.

SOLUTION: A diameter ϕ (mm) of a 90% encircled energy with a pint image intensity distribution by an optical system 10, number of pixels N (1,000,000 pixels) of an imaging device 20 and a pixel pitch P (mm) are selected to have relations of $1.5 < \phi / P \times \sqrt{(2.5/N)} < 8.0$, $0.0015 < P < 0.0055$ and $2.4 < N < 20$. The optical system 10 is provided with an aperture stop 70 consisting of a plurality of blade apertures, and an exposure control circuit 80 adjusts an F-number up to, e.g. F16 on the basis of an F-number at opening according to a combination between the aperture and the exposure time designated by the preference of a user. Thus, even in the case of using the imaging device 20 of a size of 1/3 inch and magnifying the photographed picture to the eight by ten size or the like, high picture quality equivalent to that of a silver salt photograph can be obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 23.02.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3072988

[Date of registration] 02.06.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] Especially this invention can photo the high-definition picture which is equal to a silver salt photograph about image pck-up equipment, can control depth of field, and relates to image pck-up equipment [low cost small].

[0002]

[Description of the Prior Art] There is a business-use digital camera supposing the uses for [which can acquire the picture which is equal to photograph quality of image] printing. Although these have the number of pixels exceeding 2 million pixels, the pixel pitch of an image pck-up element is as large as the above before and after about 7.5-10 micrometer, and image pck-up element size serves as a big image pck-up element exceeding 1 inch. Therefore, the number of the elements obtained from one wafer has a limit, and there is a problem that cost cannot be lowered to some extent above.

[0003] In order to lower the manufacturing cost of an image pck-up element, it is most effective to miniaturize element size and to obtain many elements from one wafer. However, in order to miniaturize element size, it is necessary to lower the number of pixels or to make a pixel pitch small.

[0004] The equipment currently commercialized as comparatively cheap image pck-up equipment has many which use the about 1 million-2 million-pixel image pck-up element of 1 / 3 - 2/3 inch size. Although stated in detail later, if six are cut (228mmx186mm) and it expands above, with this number of pixels, the picture which is equal to photograph quality of image will not be acquired.

[0005] The lens system which has optical-character ability sufficient to the Nyquist rate decided from the pixel pitch of an image pck-up element with conventional equipment is used. Therefore, it has the intention of realizing highly efficiently the degree of maximal-solution image which the number of pixels of an image pck-up element holds as a picture.

[0006] Furthermore, when an optical low pass filter needs to be equipped for suppression of a moire picture or a false color, also in consideration of the performance degradation by the low pass filter, the optical-character ability which added a part for the degradation was secured as a lens, and the composition which degrades an image formation performance by the optical low pass filter on it is taken.

[0007] In extension of this conventional view, if a pixel pitch becomes small, the part Nyquist rate will become a RF and the optical-character ability for which a lens system is asked will become very high. If it is especially going to raise the performance in the spatial-frequency mid-range which deteriorates in an optical low pass filter, you have to take out the performance almost near an ideal lens (JP,10-148754,A).

[0008] It is asked to acquire the picture by which exposure control was carried out proper by preparing an aperture diaphragm in a lens and on the other hand, controlling the quantity of light which reaches an image pck-up element possible [photography suitable under various conditions], by flexible image pck-up equipment. If exposure control is not carried out proper, it will not become a picture with many noises, or only the picture inferior to the detail of the

shadow section will be acquired.

[0009] Moreover, if the diameter of the flux of light which passes by the aperture diaphragm becomes small, a diffraction operation will be received strongly and the phenomenon in which the **** intensity distribution by the lens system spread will arise. It is the so-called diffraction dotage. In order to prevent this diffraction dotage, the method of inserting an ND filter or obtaining proper exposure by controlling the exposure time by the electronic shutter is devised (JP,6-153066,A, JP,11-8803,A).

[0010] However, as an effect of extracting drawing, it has not only adjustment of the quantity of light but the function to adjust depth of field, and the effect over depth of field is no longer acquired by the way an ND filter etc. adjusts the quantity of light.

[0011] This diffraction dotage has the large influence are influenced, so that a pixel pitch is small even if it is the same amount of dotage since it is the phenomenon produced in the optical-system independent which is completely unrelated to the pixel pitch of an image pck-up element, and quality of image deteriorates.

[0012] It becomes desirable not to extract above to some extent, in order to be strongly influenced of quality-of-image degradation by diffraction dotage, so that it is the technical problem that according to diffraction dotage at view of the former which means to realize highly efficiently degree of maximal-solution image which image pck-up element holds as above-mentioned as picture picture degradation is big and becomes an especially small pixel pitch, or not to make a pixel pitch small above to some extent.

[0013] Moreover, the technique of acquiring the picture which has a sharp feeling in appearance also by the picture of the drawing value out of which diffraction dotage has come is offered by processing the so-called profile emphasis (JP,5-347730,A). Now, most uses this profile emphasis processing, and the image pck-up equipment currently commercialized by the consumer use is also visible to a sharp picture at a glance. Although it is possible to perform profile emphasis processing electric almost without any restriction, when impossible emphasis processing was applied and it expands greatly, a picture deteriorates extremely. Therefore, as for the level of profile emphasis, it is desirable for high-definition-izing of a picture to make it low as much as possible, and it has not given it to the quality of image of a silver salt photograph at all from this point with the image pck-up equipment of the conventional consumer use.

[0014] thus, when it considers as the big picture beyond a 6 end grade in existing goods and the existing conventional example Since the picture which is equal to a silver salt photograph cannot be acquired and-izing of the pixel pitch cannot be carried out [****] to some extent above in extension of the conventional view, to the miniaturization of equipment [whether it becomes an obstacle and] Or the result that control of depth of field etc. cannot be performed cannot be brought without the ability enlarging an opening value, and the image pck-up equipment [low cost small] which acquires a high-definition picture equivalent to a silver salt photograph cannot be attained.

[0015]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] It is the thing which could photo the high-definition picture which is equal to a silver salt photograph even if this invention was made in view of such a trouble of the conventional technology and it expanded the purpose beyond the 6 end grade, and exceeded the opening value F4 and for which it extracts and the image pck-up equipment [low cost small] which can control depth of field is offered with a value.

[0016]

[Means for Solving the Problem] By carrying out image formation of the image of the body by optical system on an electronic image pck-up element, the image pck-up equipment of this invention which attains the above-mentioned purpose is image pck-up equipment which obtains objective image information, and is characterized by having the structure which can acquire the opening value beyond F4, and satisfying the following conditions by reduction-izing the diameter of the flux of light to the aforementioned optical system.

(1) $1.5 < \phi/P \times \sqrt{2.5-N} < 8.0$ (2) $0.0015 < P < 0.0055$ [mm]

(3) $2.4 < N < 20$ [1 million]

However, the number of pixels of an image pck-up element (a unit is 1 million) and P of the size

(a unit is mm) of the diameter of 90% encircled energy of the **** intensity distribution by optical system except the low-pass operation by the optical low pass filter in the drawing opening value [in / a sketch side center / in phi] F5.6 and a wavelength e-line and N are the pixel pitches (a unit is mm) of an image pck-up element.

[0017] In this case, it is desirable that it is satisfied [with all the focal positions to be used] of the following conditions.

(6) $|H/L| < 0.20$ however the diagonal line length of the image pck-up side in connection with picture generation of an image pck-up element in H, and L are the distance to the exit-pupil position of the optical system measured from the image pck-up side, and when optical system is a zoom lens, L is an exit-pupil position near an image pck-up side side between a wide angle edge and a tele edge.

[0018] Moreover, it is more desirable to satisfy the following conditions.

[0019]

(4) $2.0 < \phi/P \times \sqrt{2.5 - 1/N} < 6.5$ -- it is desirable to satisfy the following conditions again

[0020] (9) $3 < H < 17$ [mm]

However, H is the diagonal line length of the image pck-up side in connection with picture generation of an image pck-up element.

[0021] In this case, it is more desirable to satisfy the following conditions.

[0022] (10) $4.2 < H < 12$ [mm]

Moreover, it is more desirable not to use an optical low pass filter.

[0023] In addition, as for image pck-up equipment [more than], it is desirable to constitute as color image pck-up equipment.

[0024]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, the reason for having taken the above-mentioned composition in this invention and its operation are explained.

[0025] Since this value is a value which obtains marginal resolution when the standard angular resolution of human being's eye is considered to be 1' (for it to correspond to eyesight 1.0), it is thought that the resolution which can be recognized as a picture with sharp line and space which are included in a picture is in the place (large angle) which fell rather than it.

[0026] For example, if the solid angle is considered to be a 1.67' (for it to correspond to eyesight 0.6) grade, when observing a picture from the position left 40cm, for example, the size of 0.194mm can be recognized to be a sharp image. therefore, the number of pixels required for the print of A4 in order considering observing the print of A4 (210mmx297mm) size from the position distant 40cm to recognize a print picture as a sharp picture -- about 1100x -- it becomes 1500=1,650,000 pixels This numeric value is the print of A4 full size, and considering taking a margin about 10mm around, the number of pixels becomes about 1,400,000 pixels. In the number of pixels not more than this, change of a shade recognizes it as low quality of image by it looking stair-like etc. in if an edge image is not a straight line since the dot of a print can be recognized clearly for example.

[0027] Although the amount of data can also raise the number of pixels of a picture by performing and printing interpolation processing at the time of an output at least, in the case of interpolation processing, quality-of-image degradation is not avoided, but phenomena, like an edge becomes blunt are caused, and there is a difference in respect of quality of image with the big picture which carried out the direct output of the above-mentioned number of pixels.

[0028] Generally, the size and observation distance of a picture of a print etc. have correlation, a small picture is a near distance, and, as for a big picture, observing in the distance which separated is natural. If the size of a picture and the relation of observation distance are line types, the sharpness which people recognize will not be the size of a pixel and will be decided by the above-mentioned solid angle. Therefore, in the above, although the required number of pixels was calculated by the picture of A4 size, even if it asks in the size of a different picture, the same result is obtained.

[0029] However, compared with the distance which observes the picture of A4, the number of pixels which there are many long distance bird clappers, therefore needs them in the picture size of A6 grade will be less than the above-mentioned 1,650,000 pixels from the relation of the

above-mentioned [an actual observation distance] with extremely small pictures, such as A6 size (105mmx149mm).

[0030] Now, since the pixel unit from which the picture created using the image pck-up element naturally constitutes a picture is fixed, the body which has the high spatial frequency beyond the unit cannot be expressed. When the test chart which has the pattern portion of various spatial frequency is photoed, as for the pattern which has the high spatial frequency beyond the pixel unit from which all the patterns with the line breadth equal to a pixel pitch are disassembled and observed in a portion with the narrowest line breadth, line breadth is less than a pixel pitch to **, and the narrowest line breadth is set to one half of pixel pitches, the shade of low frequency and the so-called moire are only observed.

[0031] By the picture of the number of pixels for which it asked by the above-mentioned calculation, human being can recognize the minimum pixel unit of a print clearly by high contrast. Therefore, if the result of observation of an above-mentioned test chart is extended to a general picture, it will be visible to a sharp to a certain spatial frequency, and cannot be recognized as the ability of gradation to express it enough, even if the contrast of a picture is high, since it becomes the picture which the spatial frequency below the minimum pixel unit does not decompose rapidly, but will become a picture with the so-called feeling of a dry area.

[0032] On the other hand, the silver salt photograph is constituted from a particle of the size below the resolution limit which human being senses by the particle of various sizes to the particle of the size which human being can recognize sharply, the gradation of not only the contrast of a picture but a picture can be expressed, and to have had big influence on the high-definition feeling of a picture is considered by that. Therefore, by the picture of the above-mentioned number of pixels, it is hard to say that photograph quality of image is attained.

[0033] In order to consider as the picture of rich gradation, you have to express to the spatial frequency near the resolution limit which human being senses. We found that the pixel unit corresponding to aforementioned solid angle $1.67'$ of the minimum pixel unit which constitutes a picture was inadequate, and the pixel unit corresponding to solid angle $1.25'$ (eyesight 0.8) was required at least, as a result of examining the size of a pixel unit required in order to regard it as quality of image equivalent to a silver salt photograph paying attention to this point. Of course, if it is to the pixel unit corresponding to the resolution of $1'$ which is the resolution limit, or the pixel unit which can be decomposed with the resolution which is less than $1'$ in order to raise a feeling of grace further, in addition, it is good.

[0034] The size of the pixel unit corresponding to "a resolvable pixel unit" and the resolution limit for the size of the pixel unit corresponding to the solid angle which needs hereafter the size of the pixel unit corresponding to the solid angle which can be recognized to be a sharp picture in order to give a "right image marginal pixel unit" and a feeling of gradation will be called "resolution limit pixel unit." this time -- a right image -- it is a marginal pixel unit > resolvable pixel unit > resolution limit pixel unit

[0035] When this expression is used, when making the resolution limit into $1'$, below the pixel unit corresponding to solid angle $1.25'$ in a resolvable pixel unit is needed the above-mentioned result. In this case, if it asks for the required number of pixels like the above-mentioned method and about 3 million pixels and a margin will be considered to a form full size (A4), it will become about 2,500,000 pixels.

[0036] In this case, an important thing is not being necessarily contrast high to the spatial frequency corresponding to a resolvable pixel unit. Although it is necessary to realize contrast with the high spatial frequency corresponding to a right image marginal pixel unit, since the human being itself cannot recognize the frequency beyond it by high contrast, it does not become hindrance that the contrast of a picture falls at all expressing the gradation of a picture.

[0037] The need [a high contrast performance] in the spatial frequency corresponding to the pixel pitch of an image pck-up element in the image formation performance of optical system, and the so-called Nyquist rate necessarily when it follows, for example, correspondence of 1 to 1 has each pixel of a resolvable pixel unit and an image pck-up element.

[0038] Moreover, when the pixel pitch of an image pck-up element is smaller than a resolvable pixel unit (i.e., when the image pck-up element has the number of pixels more than the number

of pixels required for a picture), considering not the pixel pitch of an image pick-up element but the pixel pitch corresponding to a resolvable pixel unit, it is enough.

[0039] Now, a view is changed to a pixel pitch from a viewpoint of the number of pixels. this invention is not only increasing the number of pixels, and makes reference about how the number of pixels is increased. Moreover, the image formation performance for which optical system is then asked is considered.

[0040] In this invention, in case the number of pixels is increased, it has proposed increasing the number of pixels by reduction-izing the pixel pitch of an image pick-up element. The influence affect optical-character ability by that is shown.

[0041] Since the picture of the contrast given by the transfer function of optical system is not necessarily acquired in the case of an electronic image pick-up system, the photoelectrical transducer of an image pick-up element and opening of the so-called image pick-up element have a limited area and the quantity of light is equalized there, degradation of a transfer function according to the size of opening takes place.

[0042] Since it is easy, if opening is approximated to a rectangle, as the Fourier transform shows degradation of a transfer function to drawing 8 , it can express as a sinc function. However, the surface ratio of the size of opening to a pitch interval and the so-called aperture efficiency may be 70%.

[0043] For example, when taking a photograph with the optical system which has the MTF property shown in drawing 9 using the pitch interval of 7.5 micrometers, the element size of 2/3 inch, and about 1 million-pixel image pick-up element, the synthetic MTF property in consideration of degradation by opening becomes like drawing 10 (what applied the value of a curve with a pitch interval [of drawing 8] of 7.5 micrometers, and the value of the curve of drawing 9).

[0044] Then, it supposes that about 2,300,000 pixels was attained in the same element size by reduction-izing a pixel pitch to 5 micrometers in consideration of the above-mentioned property, and if the optical system which has the MTF property shown in the same drawing 9 as the above is used, the synthetic MTF property in consideration of degradation by opening will become like drawing 11 (what applied the value of a curve with a pitch interval [of drawing 8] of 5 micrometers, and the value of the curve of drawing 9).

[0045] Clearly from drawing 10 and drawing 11 , by reduction-izing a pixel pitch, degradation of the transfer function in image pick-up element opening is suppressed, and synthetic optical-character ability becomes high rather. Therefore, the performance of guarantee ***** turns into that it is possible to drop a deteriorated part rather than the level predicted by the conventional technique of covering by improving the performance beforehand on the assumption that degradation of the transfer function in image pick-up element opening with an optical-system simple substance by setting up the suitable number of pixels by the argument of the number of pixels, and attaining the number of pixels by reduction-ization of a pixel pitch.

[0046] The performance for which the optical system of image pick-up equipment is asked found out that it was permissible to the size whose diameter of 90% encircled energy of **** intensity distribution is about 8 times to the pixel pitch corresponding to the aforementioned resolvable pixel unit as a result of examination. If this is exceeded, the fall of contrast will be remarkable, resolving by the spatial frequency to the aforementioned right image marginal pixel unit will also no longer be obtained, and the high-definition picture which is the purpose of this invention will no longer be acquired. Of course, optical-character ability does not forbid a high thing.

[0047] On the other hand, when the size of image pick-up equipment and the cost of an image pick-up element are taken into consideration, as for a pixel pitch, it is desirable that it is about 5 micrometers or less. If it becomes the pixel pitch of the size beyond this, the element size when securing the aforementioned number of pixels will become large, and it will become difficult to attain the cost cut of an image pick-up element and the miniaturization of equipment.

[0048] If the above is expressed by conditional expression (1) $1.5 < \phi / P \sqrt{2.5 - N} < 8.0$ (2) $0.0015 < P < 0.0055$ [mm]

(3) $2.4 < N < 20$ [1 million]

However, the drawing opening value [in / a sketch side center / in ϕ] F5.6 and a wavelength

e-line, Removed the low-pass operation by the optical low pass filter. **** intensity distribution by optical system () [point spread] function by The size of the diameter (diameter of circle of **** in the image surface in which 90% of quantity of light of the quantity of light which reaches the image surface to the amount of incident lights is contained) of 90% encircled energy of amplitude (a unit is mm), N is the number of pixels of an image pck-up element (a unit is 1 million pixels), and P is the pixel pitch of an image pck-up element (a unit is mm).

[0049] The above-mentioned formula (1) is a formula which should be satisfied when the number of pixels computed from the aforementioned resolvable pixel unit is made into the aforementioned 2,500,000 pixels. If 1.5 of the minimum of a formula (1) is exceeded, since the optical-character ability of optical system will become high, although a picture becomes high definition, unless it increases the lens number of sheets to constitute, a desired performance is no longer obtained, or the size of a lens system is enlarged, and the cure of suppressing the amount of aberration generated with each lens is needed, and it is disadvantageous in respect of low-cost-izing of a lens system, and a miniaturization anyway. Or it becomes difficult to have to stop having to establish small manufacture tolerance and to lower the cost of a lens system. If 8 of the upper limit of a formula (1) is exceeded, as mentioned above, the fall of contrast will be remarkable, resolving by the spatial frequency to a right image marginal pixel unit will also no longer be obtained, and a high-definition picture will no longer be acquired.

[0050] When a pixel pitch becomes small exceeding 0.0015mm of the minimum of a formula (2), it becomes impossible to manufacture the optical lens which satisfies conditions (1). if 0.0055mm of the upper limit of a formula (2) is exceeded -- image pck-up equipment -- it cannot miniaturize -- moreover, an image pck-up element -- high -- it will become cost

[0051] If it prepares in consideration of the size of the image data obtained and becomes large exceeding 20 million of an upper limit, since storage capacity required for the medium holding the image information of one sheet will become very large, in order to make the medium of small storage capacity memorize, it will be necessary to enlarge compressibility, and degradation of quality of image is not avoided, but the upper limit of a formula (3) is contrary to the purpose of this invention. Moreover, in carrying out the viscus of the write-in equipment to a mass storage to image pck-up equipment, the whole equipment is enlarged extremely and is contrary to the purpose of this invention too. Moreover, if image information becomes large too much, the fall of the transfer rate of image data or the drawing speed to a medium becomes [become remarkable and] an obstacle remarkable in the mobility as image pck-up equipment and is not desirable. If 2,400,000 of the minimum of a formula (3) is exceeded, it will be less than the number of pixels which fulfills a resolvable pixel unit, and it will become difficult to give a picture with rich and highly defined gradation.

[0052] In order to acquire a sufficiently high-definition picture with low cost optical system in consideration of the balance of the cost of a high-definition picture, and the performance and equipment for which optical system is asked, when the following conditions are satisfied, in addition, it is desirable.

(4) When the following conditions are satisfied about a $2.0 < \phi/P \times \sqrt{2.5-N} < 6.5$ -pixel pitch, in addition, it is desirable.

[0053]

(5) $0.002 < P < 0.0052$ [mm]

When using the small image pck-up element of a pixel pitch by this invention, making the exit-pupil position of optical system far moderately is called for. When a pixel pitch becomes small, the area of a photo-electric-translation field becomes small, and since the quantity of light which carries out incidence there decreases, there is a problem to which the sensitivity as image pck-up equipment falls. Then, a micro lens is prepared in the upper part of an image pck-up side, and the method of condensing the light of a latus field efficiently to a photo-electric-translation side rather than a photo-electric-translation side is taken. Therefore, if light carries out incidence aslant extremely to an image pck-up side, the phenomenon whose quantity of light which carries out incidence decreases to a photo-electric-translation side will be caused, and the problem to which a picture becomes dark will arise.

[0054] Then, as for the optical system used for the image pck-up equipment of this invention, it

is desirable that it is satisfied [with all the focal positions to be used] of the following conditions.

(6) $|H/L| < 0.20$ however the diagonal line length of the image pck-up side in connection with picture generation of an image pck-up element in H, and L are the distance to the exit-pupil position of the lens system measured from the image pck-up side. When a lens system is a zoom lens, L is an exit-pupil position near an image pck-up side side between a wide angle edge and a tele edge.

[0055] When using the high image pck-up equipment of especially versatility, or when using the small image pck-up equipment of especially a pixel pitch, the angle of the light which carries out incidence to an image pck-up side is still smaller, and a bird clapper is desirable. Therefore, (7) It is still more desirable if $|H/L| < 0.17$ are filled.

[0056] If the following conditions are satisfied, in addition, it is desirable.

[0057] (8) It is desirable to satisfy the following conditions about $|H/L| < 0.15$ one side and element size.

(9) $3 < H < 17$ [mm]

If an image pck-up element is made small exceeding 3mm of the minimum of a formula (9), the pixel pitch for obtaining the required number of pixels will become small too much, and conditions (2) will not be satisfied. Moreover, if it becomes large exceeding 17mm of an upper limit, it will become difficult for image pck-up equipment to enlarge or lower the cost of an image pck-up element, and it will be contrary to the purpose of this invention.

[0058] Furthermore, when the following conditions are satisfied, in addition, it is desirable.

(10) $4.2 < H < 12$ [mm]

The bound of this formula (10) corresponds to the bound of conditions (5).

[0059] Moreover, by considering as 3 to 1 or less correspondence relation by the length ratio, the size of the pitch on the image pck-up element corresponding to a resolvable pixel unit and the pitch of each pixel of an actual image pck-up element is the necessary minimum number of pixels, and can acquire the high-definition picture which is equal to the photograph quality of image made into the purpose of this invention. If a ratio is enlarged more than this, although the number of pixels which an image pck-up element holds compared with the required number of pixels will increase too much and it will become advantageous to improvement in quality of image, there is much futility in respect of the number of data.

[0060] Since the resolution of an eye has individual differences, in order for more users to recognize it as a high-definition picture, as for a right image marginal pixel unit and a resolvable pixel unit, it is desirable to make it still smaller.

[0061] If a resolvable pixel unit is set as the size corresponding to a solid angle $1.11'$ (it corresponds to eyesight 0.9) grade, even if the print of the size exceeding the 6 ends compares with the picture by which the photography print was carried out with the silver salt film (24mmx36mm) of 35mm low sensitivity, or the picture photoed with the brownie size (60mmx90mm), the picture which can be appreciated enough will be acquired. The required number of pixels at this time becomes about 3,100,000 pixels, when taking about 3,700,000 pixels and a margin to a form full size.

[0062] Namely, (11) $3 < N < 20$ [1 million]

It comes out, and if it is, in addition, it is desirable.

[0063] If a resolvable pixel unit is set as the size corresponding to a solid angle $1'$ (it corresponds to eyesight 1.0) grade, even if the print of the size exceeding the 6 ends compares with the picture by which the photography print was carried out with the silver salt film of brownie size low sensitivity, or the picture photoed with the film of 4x5 inch size, the picture which can be appreciated enough will be acquired. The required number of pixels at this time becomes about 3,900,000 pixels, when taking about 4,600,000 pixels and a margin to a form full size.

[0064] Therefore, (12) $3.8 < N < 20$ [1 million]

It comes out, and if it is, in addition, it is desirable.

[0065] Of course, when there is a pixel unit of the fineness beyond resolution, even if it does not already recognize each pixel, since gradation is sensed rich, it is more desirable in a high-

definition picture.

[0066] By satisfying the conditions of the above this invention, MTF in a Nyquist rate becomes low and the effect which suppresses the concentration of moire is acquired. Therefore, an optical low pass filter becomes unnecessary and it becomes possible to omit the factor which degrades the optical-character ability in middle spatial frequency.

[0067] It is desirable by arranging a color filter in the shape of a mosaic on the photoelectrical transducer of an image pck-up element for the diameter of 90% encircled energy of the **** intensity distribution in a screen center except the low-pass operation by the optical low pass filter in the white corresponding to spectral transmittance of each color filter in amendment case opening [false color / especially accompanying pixel-izing] value F5.6 to be more than the double precision of the pitch interval of the same color filters in the case of the so-called veneer formula image pck-up equipment which incorporates a color picture. If it does in this way, the optical low pass filter in the purpose of false color suppression will necessarily be less necessary, and will become still more advantageous to low-cost-izing.

[0068] Since the image information which is obtained from each pixel of an image pck-up element in the case of the image pck-up equipment of a veneer color method is only a thing about a specific color, it usually performs processing which makes the information on RGB in the position of each pixel, or CMY using the information from a surrounding pixel. Therefore, the number of pixels of an image pck-up element is the same as the above-mentioned required number of pixels at least, or it is desirable that it is more than it. In order to acquire a more nearly high-definition picture, if there is the 1.5 or more-time above-mentioned required number of pixels, even if the number of pixels of an image pck-up element takes into consideration degradation of the quality of image by processing of pixel-izing, it can acquire a high-definition picture and, in addition, is desirable.

[0069] Moreover, since it becomes possible to acquire a certain amount of high-definition picture even if it does not perform profile emphasis processing by taking the composition of this invention, profile emphasis processing becomes unnecessary and it is effective for the simplification of a processing circuit. Or since picture degradation by profile emphasis processing can be suppressed by making profile emphasis processing level low, when it considers as the picture to big size, it becomes possible to acquire a high-definition picture.

[0070] In order to acquire the high-definition picture which is equal to photograph quality of image with the image pck-up equipment by the composition of this invention, it is desirable by reduction-izing the diameter of the flux of light to consider as the mechanism in which an opening value is changed, and the lens system containing the so-called beam limiting device. In order to make change of the depth of field by drawing reflect in a picture then, as for drawing, it is desirable that it can extract exceeding F4.

[0071] Furthermore, when it can control from the mechanism which can be extracted exceeding F5.6, then shallow depth of field to deep depth of field and a lens system especially with a long focal distance is used, it becomes possible to photo the deep picture of depth of field. If it considers as the mechanism which can be extracted exceeding F8, in addition, it is desirable.

[0072]

[Example] Hereafter, the example of the image pck-up equipment of the above-mentioned this invention is explained. The optical system 10 with which the composition of the whole image pck-up equipment based on this invention carries out image formation of a photographic subject's image as shown in drawing 1 , The image pck-up element 20 which consists of CCD arranged in the image formation position, and the digital disposal circuit 30 which processes the picture signal acquired with the image pck-up element 20. It consists of the storage 40 which is connected to the digital disposal circuit 30, and memorizes the picturized image data, display 50 which is connected to a digital disposal circuit 30 and displays the picturized picture, and output units 60, such as a printer which outputs the picturized picture.

[0073] Moreover, optical system 10 has the aperture diaphragm 70 which constituted the size of opening in adjustable focusing on the optical axis of optical system 10 by carrying out movable [of two or more feather drawing which is not illustrated]. The quantity of light which the image pck-up element 20 should read is controlled by the exposure control circuit 80 which controls

both the exposure times by the size and the image pck-up element 20 of opening of this aperture diaphragm 70 proper.

[0074] The exposure control by the size of this opening and the combination of the exposure time is constituted so that the strength of the light is measured in a photographic subject's condition, and it is set automatically by the exposure control circuit 80, or a user can set up an opening value or the exposure time arbitrarily, the exposure time or an opening value may be automatically controlled according to it or an opening value and the exposure time can also be set up by liking of a user.

[0075] Below, the lens system mainly used for optical system 10 and the examples 1 and 2 about the image pck-up element 20 used in that case are explained.

[0076] an example 1 -- the example for which this example uses a single focal lens as optical system 10 -- it is -- as the image pck-up element 20 -- 1/3 inch (4.8mmx3.6mm) it is -- the diagonal line length H of an image pck-up side is 6.0mm and number of pixels 1830x1370= 2,507,000 pixel, and that whose pixel size P is 2.63 micrometers is used

[0077] The lens system which constitutes optical system 10 is a single focal lens system of the retrospective focus type which consists of the positive meniscus lens which turned the convex to the body side, the negative meniscus lens which turned the convex to the body side, drawing, a biconcave lens and the cemented lens of a biconvex lens, and a biconvex lens sequentially from a body side, as a cross section is shown in drawing 2, and the plane-parallel plate which constitutes the cover glass of the image pck-up element 20 and filters between a lens system and the image surface I is arranged. Although the postscript of the numeric data of this lens system is carried out, the aspheric surface is most used for the field by the side of the image surface. The aberration view of this example is shown in drawing 3. Astigmatism and DT show distortion aberration and, as for the inside of drawing, and SA, CC shows the chromatic aberration of magnification, as for spherical aberration and AS (also in the following aberration views, it is the same). However, "omega" expresses the half-field angle among drawing.

[0078] The value about the formula (1) of an example 1 is $\phi/P \times \sqrt{(2.5-N)} = 4.58$. Moreover, it is value $N = 250.7000$ about the value of $P = 0.00263\text{mm}$ about a formula (2), and a formula (3). Moreover, are value $|H/L| = 0.109$ about a formula (6) and all have satisfied those conditional expression. The thing which the high-definition picture which is equal to a silver salt photograph was acquired even if it expanded the acquired picture beyond the 6 end grade, and exceeded the opening value F4 and for which it extracts and depth of field are controlled with a value is possible, and image pck-up equipment [low cost small] can be obtained. in addition, this example -- from the f number at the time of drawing opening up to the F16 neighborhood -- a multi-stage story -- or the size of opening is constituted possible [adjustment] continuously

[0079] an example 2 -- the example for which this example uses a zoom lens as optical system 10 -- it is -- as the image pck-up element 20 -- 2/3 inch (8.8mmx6.6mm) it is -- the diagonal line length H of an image pck-up side is 11.0mm and number of pixels 2095x1570= 3,289,000 pixel, and that whose pixel size P is 4.2 micrometers is used

[0080] As the cross section in a wide angle edge is shown in drawing 4, the zoom lens which constitutes optical system 10 sequentially from a body side the 1st lens group G1 It consists of one biconvex lens. the 2nd lens group G2 It consists of three sheets, the negative meniscus lens which turned the convex to the body side, a biconcave lens, and the positive meniscus lens which turned the convex to the body side, and drawing S continues. 3rd lens group G3 after drawing S It consists of two sheets, a biconvex lens and a biconcave lens. the 4th lens group G4 It consists of one biconvex lens and applies to a tele edge from a wide angle edge, and each moves to a body side along with tracing of concave, and 3rd lens group G3 and the 4th lens group G4 move the 1st lens group G1, the 2nd lens group G2, and drawing S to a body side, extending a mutual interval. Between a lens system and the image surface I, the plane-parallel plate which constitutes the cover glass of the image pck-up element 20 and filters other than a low pass filter is arranged, and all the lenses of this example consist of plastics materials. although the postscript of the numeric data of this lens system is carried out -- 3rd lens group G3 -- the aspheric surface is most used for the field by the side of a body, and the field by the side of the body of the 4th lens group G4 The aberration view of reference condition is shown in

drawing 6 , and the aberration view of a tele edge is shown for the aberration view of the wide angle edge of this example in drawing 5 at drawing 7 , respectively.

[0081] The value about the formula (1) of an example 2 is $\phi/P \times \sqrt{2.5 - 1/N} = 2.56 - 2.72 - 3.291$ (a wide angle edge reference condition - tele edge). Moreover, it is value $N = 328.9000$ about the value of $P = 0.0042\text{mm}$ about a formula (2), and a formula (3). Moreover, are value $|H/L| = 0.137$ about a formula (6) and all have satisfied those conditional expression in all focal distances. The thing which the high-definition picture which is equal to a silver salt photograph was acquired even if it expanded the acquired picture beyond the 6 end grade, and exceeded the opening value $F4$ and for which it extracts and depth of field are controlled with a value is possible, and image pick-up equipment [low cost small] can be obtained. in addition, this example -- from the f number at the time of drawing opening up to the $F16$ neighborhood -- a multi-stage story -- or the size of opening is constituted possible [adjustment] continuously

[0082] Although the numeric data of the optical system 10 of each above-mentioned example is shown below In a sign, f outside the above a whole system focal distance and FNO the f number and 2ω A field angle, fB A back focus, $r1$, and $r2$ -- is the radius of curvature of each lens side, $d1$, and $d2$. -- is [the refractive index of d line of each lens, $nd1$, and $nd2$ -- of the interval between each lens side, $nd1$, and $nd2$ --] the Abbe numbers of each lens. In addition, an aspheric surface configuration uses x as the optical axis which made travelling direction of light positive, and when y is taken in the direction which intersects perpendicularly with an optical axis, it is expressed with the following formula.

For $1 + [1 - P(y/r)^2]^{1/2} / x = (y^2 / r) / [2] + A4y^4 + A6y^6 + A8y^8 + A10y^{10}$, however r , paraxial radius of curvature and P are a constant of the cone, and $A4$, $A6$, $A8$ and $A10$. It is the 4th aspheric surface coefficient [6th / 8th / 10th], respectively.

[0083]

An example 1 $f = 5.12$ $FNO = 2.8$ $2\omega = 63.37$ degree $fB = 3.9118$ $r1 = 13.2689$ $d1 = 2.3000$ $nd1 = 1.84666$ $nd1 = 23.78$ $r2 = 53.6681$ $d2 = 0.2500$ $r3 = 5.0828$ $d3 = 0.7500$ $nd2 = 1.48749$ $nd2 = 70.20$ $r4 = 1.9499$ $d4 = 1.7661$ $r5 = \text{infinity}$ (drawing) $d5 = 1.1000$ $r6 = -8.4429$ $d6 = 0.8000$ $nd3 = 1.84666$ $nd3 = 23.78$ $r7 = 9.5020$ $d7 = 3.5000$ $nd4 = 1.72916$ $nd4 = 54.68$ $r8 = -4.4294$ $d8 = 0.1500$ $r9 = 9.0885$ $d9 = 3.6000$ $nd5 = 1.60311$ $nd5 = 60.68$ $r10 = -18.2764$ (aspheric surface) $d10 = 1.5000$ $r11 = \text{infinity}$ $d11 = 0.7500$ $nd6 = 1.48749$ $nd6 = 70.20$ $r12 = \text{infinity}$ aspheric surface coefficient The 10th page $P = 1.00000$ $A4 = 0.73370 \times 10^{-3}$ $A6 = -0.65295 \times 10^{-5}$ $A8 = 0$ $A10 = 0$.

[0084]

An example 2 $f = 9.04 - 15.61 - 26.93$ $FNO = 2.8 - 3.0 - 4.2$ $2\omega = 60.55$ degree- 38.62 degree- 22.73 degree $fB = 14.9208 - 14.9208 - 14.9208$ $r1 = 41.1141$ $d1 = 4.7904$ $nd1 = 1.49216$ $nd1 = 57.50$ $r2 = -664.4147$ $d2 = (\text{adjustable})$ $r3 = 32.3483$ $d3 = 1.6000$ $nd2 = 1.49216$ $nd2 = 57.50$ $r4 = 10.4358$ $d4 = 8.7931$ $r5 = -24.1092$ $d5 = 2.0000$ $nd3 = 1.49216$ $nd3 = 57.50$ $r6 = 20.2995$ $d6 = 1.4357$ $r7 = 17.0475$ $d7 = 2.0000$ $nd4 = 1.58423$ $nd4 = 30.49$ $r8 = 41.4263$ $d8 = (\text{adjustable})$ $r9 = \text{infinity}$ (drawing) $d9 = (\text{adjustable})$ $r10 = 8.5729$ (aspheric surface) $d10 = 5.4175$ $nd5 = 1.49216$ $nd5 = 57.50$ $r11 = -16.6940$ $d11 = 0.1500$ $r12 = -29.1412$ $d12 = 0.9800$ $nd6 = 1.58423$ $nd6 = 30.49$ $r13 = 9.3322$ $d13 = (\text{adjustable})$ $r14 = 14.5420$ (aspheric surface) $d14 = 3.5252$ $nd7 = 1.49216$ $nd7 = 57.50$ $r15 = -22.7125$ $d15 = (\text{adjustable})$ $r16 = \text{infinity}$ $d16 = 0.8000$ $nd8 = 1.48749$

ズーム間隔

f	9.04	15.61	26.93
d ₂	1.1531	10.2583	21.9662
d ₈	19.6098	7.4221	2.5000
d ₉	13.4153	9.2369	2.0000
d ₁₃	2.4188	3.9308	8.6180
d ₁₅	2.0000	4.0000	14.2771

nud8 =70.20 r17= infinity

Aspheric surface coefficient The 10th page P = 1.00000 A4 =-0.17594x10⁻³ A6 =-0.15213x10⁻⁵ A8 =-0.17058x10⁻⁷ A10=-0.15577x10⁻⁹ The 14th page P = 1.00000 A4 =-0.10902x10⁻³ A6 = 0.57701x10⁻⁷ A8 =-0.10359x10⁻⁹ A10= 0.60403x10⁻¹⁰ .

[0085] In addition, although it was explained centering on the digital camera, explanation of this invention is the same when observing a static image using other image pck-up equipments (for example, digital camcorder).

[0086]

[Effect of the Invention] The thing which the high-definition picture which is equal to a silver salt photograph was acquired even if it expanded the acquired picture beyond the 6 end grade since the image formation performance of the optical system of image pck-up equipment, the number of pixels of an image pck-up element, and the pixel pitch were optimized according to this invention so that clearly from the above explanation, and exceeded the opening value F4 and for which it extracts and depth of field are controlled with a value is possible, and image pck-up equipment [low cost small] can be obtained.

[Translation done.]

d.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-244799

(P2000-244799A)

(43) 公開日 平成12年9月8日 (2000.9.8)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 4 N 5/232

H 0 4 N 5/232

A 2 H 0 5 4

G 0 3 B 19/02

G 0 3 B 19/02

5 C 0 2 2

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平11-42934

(22) 出願日 平成11年2月22日 (1999.2.22)

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72) 発明者 高田勝啓

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号オリン

パス光学工業株式会社内

(74) 代理人 100097777

弁理士 荻澤 弘 (外7名)

Fターム(参考) 2H054 AA01

5C022 AA13 AB12 AB17 AC01 AC42

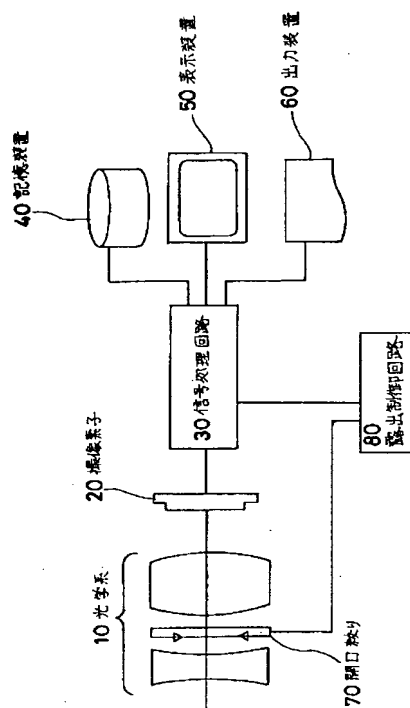
AC54 AC69

(54) 【発明の名称】 撮像装置

(57) 【要約】

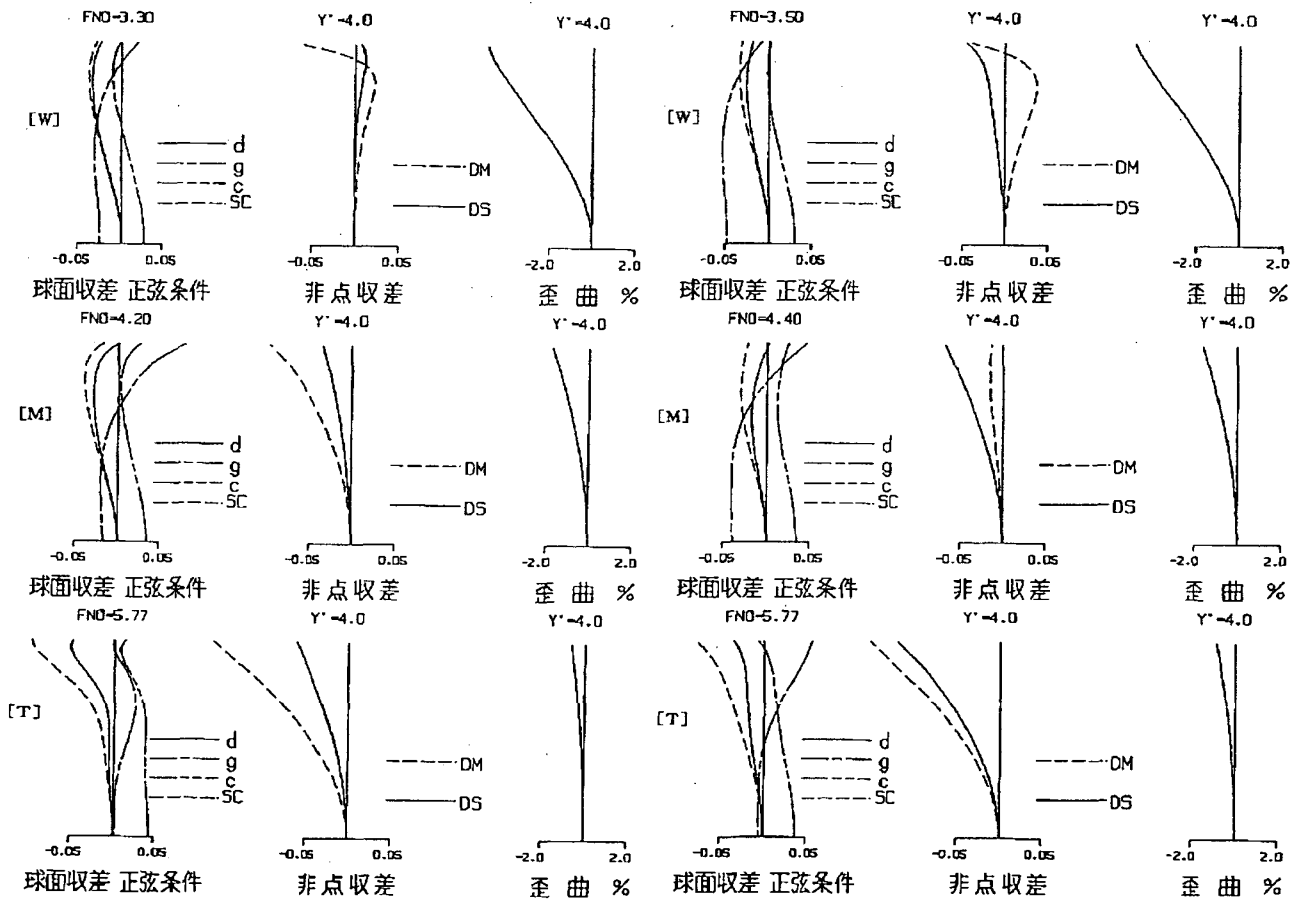
【課題】 六つ切り程度以上に拡大しても銀塩写真に匹敵する高品位な画像を撮影することができ、開口値F4を越えた絞り値によって被写界深度がコントロール可能な、小型低コストな撮像装置。

【解決手段】 光学系10による物体の像を電子撮像素子20上に結像することによって、物体の画像情報を得る撮像装置であって、光学系10には光束径を縮小化することによりF4以上の開口値を得ることが可能な構造物を有しており、かつ、光学系10に求められる性能は、解像可能画素単位に対応する画素ピッチに対して、点像強度分布の90%エンサークルドエネルギーの直径が8倍程度の大きさまで許容でき、撮像素子20の画素ピッチは5 μ m程度以下であり、また、その画素数は解像可能画素単位を満たす250万程度以上である。



【図 11】

【図 12】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H087 KA03 NA02 PA06 PA07 PA08
 PA17 PB06 PB07 PB08 QA02
 QA03 QA07 QA12 QA14 QA22
 QA25 QA26 QA32 QA34 QA41
 QA42 QA45 QA46 RA05 RA12
 RA13 RA21 RA36 RA43 RA46
 SA07 SA09 SA14 SA16 SA19
 SA62 SA63 SA74 SB04 SB05
 SB14 SB22

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光学系による物体の像を電子撮像素子上に結像することによって、物体の画像情報を得る撮像装置であって、前記光学系には光束径を縮小化することによりF4以上の開口値を得ることが可能な構造物を有しており、かつ、下記の条件を満足することを特徴とする撮像装置。

- (1) $1.5 < \phi / P \times \sqrt{(2.5/N)} < 8.0$
 (2) $0.0015 < P < 0.0055$ [mm]
 (3) $2.4 < N < 20$ [100万]

ただし、 ϕ は略画面中心における絞り開口値F5.6、波長 c -線での、光学ローパスフィルターによるローパス作用を除いた、光学系による点像強度分布の90%エンサークルドエネルギーの直径の大きさ(単位はmm)、Nは撮像素子の画素数(単位は100万)、Pは撮像素子の画素ピッチ(単位はmm)である。

【請求項2】 請求項1において、使用する全てのフォーカス位置で下記の条件を満足することを特徴とする撮像装置。

- (6) $|H/L| < 0.20$

ただし、Hは撮像素子の画像生成に関わる撮像面の対角線長、Lは撮像面から測った光学系の射出瞳位置までの距離であり、光学系がズームレンズの場合には、Lは広角端から望遠端の間の最も撮像面側に近い射出瞳位置である。

【請求項3】 請求項1又は2において、下記の条件を満足することを特徴とする撮像装置。

- (4) $2.0 < \phi / P \times \sqrt{(2.5/N)} < 6.5$

【請求項4】 請求項1から3の何れか1項において、下記の条件を満足することを特徴とする撮像装置。

- (9) $3 < H < 17$ [mm]

ただし、Hは撮像素子の画像生成に関わる撮像面の対角線長である。

【請求項5】 請求項4において、下記の条件を満足することを特徴とする撮像装置。

- (10) $4.2 < H < 12$ [mm]

【請求項6】 光学ローパスフィルターを使用しないことを特徴とする請求項1から5の何れか1項記載の撮像装置。

【請求項7】 前記撮像装置がカラー撮像装置であることを特徴とする請求項1から6の何れか1項記載の撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、撮像装置に関し、特に、銀塩写真に匹敵する高品位な画像を撮影することができ、被写界深度がコントロール可能で、小型低コストな撮像装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】写真画質に匹敵する画像を得ることが可

能な印刷用等の用途を想定した業務用デジタルカメラがある。これらは200万画素を越える画素数を有してはいるものの、撮像素子の画素ピッチが約7.5~10 μ m前後以上と大きく、撮像素子サイズが1インチを越えた大きな撮像素子となっている。そのため、1枚のウェハーから得られる素子の数に制限があり、コストをある程度以上下げることができないという問題がある。

【0003】撮像素子の製造コストを下げるためには、素子サイズを小型化し、1枚のウェハーから多くの素子を得るようにすることが最も効果的である。しかし、素子サイズを小型化するためには、画素数を下げるか、画素ピッチを小さくする必要がある。

【0004】比較的安価な撮像装置として商品化されている装置には、1/3~2/3インチサイズの100~200万画素程度の撮像素子を用いているものが多い。後で詳細に述べるが、この画素数では六つ切り(228mm×186mm)以上に拡大すると、写真画質に匹敵する画像は得られない。

【0005】従来の装置では、撮像素子の画素ピッチから決まるナイキスト周波数まで十分な光学性能を有するレンズ系を用いている。したがって、撮像素子の画素数が保有する最大解像度を画像として高性能に実現することを意図している。

【0006】さらには、モアレ画像や偽色の抑制のため、光学ローパスフィルターを装備する必要がある場合には、ローパスフィルターによる性能劣化をも考慮し、その劣化分を上乗せした光学性能をレンズとして確保し、その上で光学ローパスフィルターにより結像性能を劣化させる構成をとっている。

【0007】この従来の考え方の延長では、画素ピッチが小さくなると、その分ナイキスト周波数が高周波になり、レンズ系に求められる光学性能が極めて高いものとなる。とりわけ、光学ローパスフィルターで劣化する空間周波数中域での性能を向上させようとする、ほとんど理想レンズに近い性能を出さなければならない(特開平10-148754号)。

【0008】一方、汎用性のある撮像装置では、多種多様な条件下で適切な撮影が可能のように、レンズに開口絞りを設け、撮像素子に達する光量を制御することによって、適正に露出制御された画像を得るように求められる。適正に露出制御されていないと、ノイズが多い画像となったり、シャドウ部のディテールに劣る画像しか得られなくなる。

【0009】また、開口絞りにより通過する光束径が小さくなると、回折作用を強く受け、レンズ系による点像強度分布が広がる現象が生じる。いわゆる回折ボケである。この回折ボケを防ぐために、NDフィルターを挿入したり、電子シャッターにより露出時間を制御することにより適正露出を得たりする方法が考案されている(特開平6-153066号、特開平11-8803号)。

【0010】しかし、絞りを絞る効果としては光量の調整だけではなく、被写界深度を調整する機能も有しており、NDフィルター等によって光量を調整する方法では、被写界深度に対する効果は得られなくなる。

【0011】この回折ボケは撮像素子の画素ピッチとは全く関係のない光学系単独で生じる現象であるから、同じボケ量であっても、画素ピッチが小さい程受ける影響が大きく、画質が劣化する。

【0012】前述の通り、撮像素子の保有する最大解像度を画像として高性能に実現することを意図する従来の考え方では、回折ボケによる画像劣化は大きな課題であり、特に小さな画素ピッチになる程回折ボケによる画質劣化の影響を強く受けるため、ある程度以上絞らないか、ある程度以上画素ピッチを小さくしないことが望ましくなる。

【0013】また、いわゆる輪郭強調の処理を施すことにより、回折ボケが出ている絞り値の画像でも、見た目にシャープ感のある画像を得る手法が提供されている

(特開平5-347730号)。現在、コンシューマ用途に商品化されている撮像装置も、ほとんどがこの輪郭強調処理を用いており、一見してシャープな画像に見える。電気的にはほとんど無制限に輪郭強調処理を施すことは可能であるが、無理な強調処理をかけると、大きく拡大したとき、極端に画像が劣化する。したがって、輪郭強調のレベルは極力低くしておくことが、画像の高品位化のためには望ましく、従来のコンシューマ用途の撮像装置では、この点からも到底銀塩写真の画質には達していない。

【0014】このように、既存の商品や従来例では、六つ切り程度以上の大きな画像とした場合には、銀塩写真に匹敵する画像を得ることはできず、また、従来の考え方の延長では、画素ピッチをある程度以上縮小化できないために、装置の小型化に障害となるか、あるいは、開口値を大きくしていくことができずに、被写界深度の制御等が行えないといった結果となり、銀塩写真と同等の高品位な画像を得る小型低コストな撮像装置を達成することはできない。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】本発明は従来技術のこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、六つ切り程度以上に拡大しても銀塩写真に匹敵する高品位な画像を撮影することができ、開口値F4を越えた絞り値によって被写界深度がコントロール可能な、小型低コストな撮像装置を提供することである。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発明の撮像装置は、光学系による物体の像を電子撮像素子上に結像することによって、物体の画像情報を得る撮像装置であって、前記光学系には光束径を縮小化することによりF4以上の開口値を得ることが可能な構造物を有

しており、かつ、下記の条件を満足することを特徴とするものである。

$$(1) \quad 1.5 < \phi / P \times \sqrt{(2.5 / N)} < 8.0$$

$$(2) \quad 0.0015 < P < 0.0055 \quad [\text{mm}]$$

$$(3) \quad 2.4 < N < 20 \quad [100 \text{万}]$$

ただし、 ϕ は略画面中心における絞り開口値F5.6、波長e一線での、光学ローパスフィルターによるローパス作用を除いた、光学系による点像強度分布の90%エンサークルドエネルギーの直径の大きさ(単位はmm)、Nは撮像素子の画素数(単位は100万)、Pは撮像素子の画素ピッチ(単位はmm)である。

【0017】この場合に、使用する全てのフォーカス位置で下記の条件を満足することが望ましい。

$$(6) \quad |H/L| < 0.20$$

ただし、Hは撮像素子の画像生成に関わる撮像面の対角線長、Lは撮像面から測った光学系の射出瞳位置までの距離であり、光学系がズームレンズの場合には、Lは広角端から望遠端の間の最も撮像面側に近い射出瞳位置である。

【0018】また、下記の条件を満足することがより好ましい。

【0019】

$$(4) \quad 2.0 < \phi / P \times \sqrt{(2.5 / N)} < 6.5$$

また、下記の条件を満足することが好ましい。

$$【0020】(9) \quad 3 < H < 17 \quad [\text{mm}]$$

ただし、Hは撮像素子の画像生成に関わる撮像面の対角線長である。

【0021】その場合に、下記の条件を満足することがより好ましい。

$$【0022】(10) \quad 4.2 < H < 12 \quad [\text{mm}]$$

また、光学ローパスフィルターを使用しないことがより好ましい。

【0023】なお、以上の撮像装置はカラー撮像装置として構成することが望ましい。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明において上記構成をとった理由とその作用について説明する。

【0025】人間の眼の標準的な角度分解能を1' (視力1.0に対応)と考えると、この値は限界解像力を得る値であるから、画像に含まれるラインアンドスペースがシャープな画像として認識できる分解能はそれよりも下がったところ(大きい角度)にあると考えられる。

【0026】例えば、その立体角を1.67' (視力0.6に対応)程度と考えると、例えば40cm離れた位置から画像を観察するとき、0.194mmの大きさまではシャープな像と認識できることになる。したがって、40cm離れた位置からA4(210mm×297mm)サイズのプリントを観察することを考えると、プリント画像をシャープな画像として認識するためには、A4のプリントに必要な画素数は約1100×1500

=165万画素となる。この数値は、A4フルサイズのプリントであり、周囲に余白を10mm程度とることを考えると、画素数は約140万画素になる。これ以下の画素数では、プリントのドットを明確に認識できるため、例えばエッジ像が直線でないとか、濃淡の変化が階段状に見える等により、低い画質と認識する。

【0027】データ量は少なくとも、出力時に補間処理を施してプリントすることにより画像の画素数を上げることができるが、補間処理の際に画質劣化は避けられず、エッジが鈍る等の現象を引き起こし、上記画素数を直接出力した画像とは画質の点で大きな差がある。

【0028】一般に、プリント等の画像の大きさと観察距離には相関があり、小さい画像は近い距離で、大きな画像は離れた距離で観察することが自然である。画像の大きさと観察距離の関係が線型であれば、人が認識するシャープネスは、画素の大きさではなく、前述の立体角で決まる。したがって、上記では、必要な画素数の計算をA4サイズの画像で行ったが、異なる画像の大きさで求めても同じ結果を得る。

【0029】しかし、A4の画像を観察する距離と比べ、A6サイズ(105mm×149mm)等の極端に小さな画像では、実際の観察距離は前述の関係より遠くなることが多く、したがって、A6等の画像サイズでは、必要な画素数は上記の165万画素を下回ることになる。

【0030】さて、撮像素子を用いて作成された画像は、当然画像を構成する画素単位は一定であるため、その単位以上の高い空間周波数を有する物体は表現できない。種々の空間周波数のパターン部分を有するテストチャートを撮影した場合、最も線幅の狭い部分でその線幅が画素ピッチに等しいパターンは、全て分解して観察されるのに対して、線幅が画素ピッチを下回りその最も狭い線幅が画素ピッチの1/2となる画素単位以上の高い空間周波数を有するパターンは、低周波の濃淡、いわゆるモアレが観察されるだけである。

【0031】前述の計算で求めた画素数の画像では、プリントの最小画素単位を人間が高いコントラストで明確に認識できる。したがって、上述のテストチャートの観察の結果を一般画像に拡張すると、ある空間周波数までシャープに見え、最小画素単位以下の空間周波数が急激に分解しない画像になるため、画像のコントラストは高くても、グラデーションが十分表現できているとは認識できず、いわゆる荒れ感のある画像となる。

【0032】一方、銀塩写真は、人間が感知する解像限界以下の大きさの粒子から、人間がシャープに認識できる大きさの粒子まで様々な大きさの粒子により構成されており、そのことによって、画像のコントラストだけではなく、画像のグラデーションを表現することができ、画像の高品位感に大きな影響を与えていると考えられる。したがって、上記の画素数の画像では、写真画質を

達成しているとは言い難い。

【0033】グラデーション豊かな画像とするためには、人間が感知する解像限界に近い空間周波数まで表現しなければならない。我々はこの点に着目し、銀塩写真と等価な画質と見なすために必要な画素単位の大きさを検討した結果、画像を構成する最小画素単位は、前記の立体角1.67'に対応する画素単位では不十分であり、少なくとも立体角1.25'（視力0.8）に対応する画素単位が必要であることが分かった。もちろん、解像限界である1'の分解能に対応する画素単位、あるいは、さらに品位感を上げるために1'を下回る分解能で分解できる画素単位まであればなお良い。

【0034】以下、シャープな画像と認識できる立体角に対応する画素単位の大きさを「良像限界画素単位」、グラデーション感を与えるために必要とする立体角に対応する画素単位の大きさを「解像可能画素単位」、解像限界に対応する画素単位の大きさを「解像限界画素単位」と呼ぶことにする。このとき、良像限界画素単位>解像可能画素単位>解像限界画素単位である。

【0035】この表現を用いると、前述の結果は、解像限界を1'とするとき、解像可能画素単位は立体角1.25'に対応する画素単位以下が必要となる。この場合、前述の方法と同様にして必要な画素数を求めると、用紙フルサイズ(A4)に対し約300万画素、余白を考えると約250万画素となる。

【0036】この場合重要なことは、必ずしも解像可能画素単位に対応する空間周波数まで高いコントラストである必要はないことである。良像限界画素単位に対応する空間周波数までは高いコントラストを実現する必要があるが、それ以上の周波数は人間自身が高いコントラストで認識できないため、画像のコントラストが低下していくことは、画像のグラデーションを表現することに何ら妨げにはならないのである。

【0037】したがって、例えば解像可能画素単位と撮像素子の各画素が1対1の対応がある場合には、光学系の結像性能は、撮像素子の画素ピッチに対応する空間周波数、いわゆるナイキスト周波数においては、高いコントラスト性能は必ずしも必要ないことになる。

【0038】また、解像可能画素単位よりも撮像素子の画素ピッチが小さい場合、すなわち画像に必要な画素数以上の画素数を撮像素子が有している場合には、撮像素子の画素ピッチではなく、解像可能画素単位に対応する画素ピッチを考えれば十分である。

【0039】さて、画素数の観点から、画素ピッチに視点を転じる。本発明は、単に画素数を増やすことではなく、画素数をどのように増やすかについて言及する。また、そのときに光学系に求められる結像性能について考察している。

【0040】本発明では、画素数を増やす際に、撮像素子の画素ピッチを縮小化することにより、画素数を増や

すことを提案している。そのことにより光学性能に及ぼす影響を示す。

【0041】電子撮像系の場合、光学系の伝達関数で与えられるコントラストの画像が得られる訳ではなく、撮像素子の光電変換部、いわゆる撮像素子の開口部が有限の面積を持ち、そこで光量が平均化されるため、開口部の大きさに応じた伝達関数の劣化が起こる。

【0042】簡単のため、開口部を矩形に近似すると、フーリエ変換により伝達関数の劣化は、図8に示すように、 sinc 関数として表現できる。ただし、ピッチ間隔に対する開口部の大きさの面積比、いわゆる開口効率は70%としている。

【0043】例えば、ピッチ間隔 $7.5\mu\text{m}$ 、素子サイズ $2/3$ インチ、約100万画素の撮像素子を用い、図9に示すMTF特性を有する光学系で撮影する場合、開口での劣化を考慮した総合的なMTF特性は図10のようになる(図8のピッチ間隔 $7.5\mu\text{m}$ の曲線の値と、図9の曲線の値とを掛けたもの)。

【0044】そこで、前述の特性を考慮し、画素ピッチを $5\mu\text{m}$ に縮小化することによって同じ素子サイズで約230万画素を達成したとし、上記と同じ図9に示すMTF特性を有する光学系を用いると、開口での劣化を考慮した総合的なMTF特性は図11のようになる(図8のピッチ間隔 $5\mu\text{m}$ の曲線の値と、図9の曲線の値とを掛けたもの)。

【0045】図10、図11から明らかに、画素ピッチを縮小化することによって、撮像素子開口部での伝達関数の劣化が抑制され、総合的な光学性能はむしろ高くなる。したがって、画素数の議論により適切な画素数を設定し、その画素数を画素ピッチの縮小化で達成することにより、光学系単体で保証すべきの性能は、撮像素子開口部での伝達関数の劣化を前提として、劣化分を予め性能を上げておくことによってカバーするという、従来の手法により予測したレベルよりも落とすことが可能となる。

【0046】撮像装置の光学系に求められる性能は、検討の結果、前記の解像可能画素単位に対応する画素ピッチに対して、点像強度分布の90%エンサークルドエネルギーの直径が8倍程度の大きさまで許容できることを見出した。これを越えると、コントラストの低下が著しく、前記良像限界画素単位に対する空間周波数での解像も得られなくなり、本発明の目的である高品位な画像が得られなくなる。もちろん、光学性能が高いことを禁止するものではない。

【0047】一方、撮像装置の大きさや撮像素子のコストを考慮すると、画素ピッチは $5\mu\text{m}$ 程度以下であることが望ましい。これ以上の大きさの画素ピッチになると、前記画素数を確保したときの素子サイズが大きくなり、撮像素子のコストダウンや装置の小型化を達成することが困難になる。

【0048】以上を条件式で表現すると、

$$(1) \quad 1.5 < \phi / P \times \sqrt{2.5 / N} < 8.0$$

$$(2) \quad 0.0015 < P < 0.0055 \quad [\text{mm}]$$

$$(3) \quad 2.4 < N < 20 \quad [100\text{万}]$$

ただし、 ϕ は略画面中心における絞り開口値F5.6、波長 c -線での、光学ローパスフィルターによるローパス作用を除いた、光学系による点像強度分布(point spread function by amplitude)の90%エンサークルドエネルギーの直径(入射光量に対し像面に到達する光量の90%の光量が含まれる像面における点像の円の直径)の大きさ(単位はmm)、 N は撮像素子の画素数(単位は100万画素)、 P は撮像素子の画素ピッチである(単位はmm)。

【0049】上記式(1)は、前記解像可能画素単位から算出した画素数を前記の250万画素としたときに満足すべき式である。式(1)の下限の1.5を越えると、光学系の光学性能が高くなるため、画像は高画質になるが、構成するレンズ枚数を増やさないと所望の性能が得られなくなったり、あるいはレンズ系の大きさを大きくして、各レンズで発生する収差量を抑制する等の対策が必要になり、何れにしてもレンズ系の低コスト化、小型化の点で不利である。あるいは、小さい製造公差を設けなければならなくなり、レンズ系のコストを下げるのが困難になる。式(1)の上限の8を越えると、上記のように、コントラストの低下が著しく、良像限界画素単位に対する空間周波数での解像も得られなくなり、高品位な画像が得られなくなる。

【0050】式(2)の下限の 0.0015mm を越えて画素ピッチが小さくなると、条件(1)を満足する光学レンズを製作することができなくなる。式(2)の上限の 0.0055mm を越えると、撮像装置を小型化できず、また、撮像素子が高コストなものになってしまう。

【0051】式(3)の上限は、得られる画像データの大きさを考慮して設けたものであり、上限の2000万を越えて大きくなると、1枚の画像情報を保持しておく媒体に必要な記憶容量が極めて大きくなるため、小さい記憶容量の媒体に記憶させるためには圧縮率を大きくする必要が生じ、画質の劣化が避けられず、本発明の目的に反する。また、大容量の記憶媒体への書き込み装置を撮像装置に内蔵する場合には、装置全体が極めて大型化し、やはり本発明の目的に反する。また、画像情報が大きくなりすぎると、画像データの転送速度や媒体への書き込み速度の低下が著しくなり、撮像装置としての機動性に著しい障害となり好ましくない。式(3)の下限の240万を越えると、解像可能画素単位を満たす画素数を下回ることになり、グラデーションが豊かで高品位な画像を与えることが困難になる。

【0052】高品位な画像と、光学系に求められる性

能、装置のコストのバランスを考慮し、低コストな光学系で十分高品位な画像を得るためには、下記条件を満足すると、なお好ましい。

(4) $2.0 < \phi / P \times \sqrt{2.5 / N} < 6.5$
画素ピッチに関しては、下記の条件を満足するとなお好ましい。

【0053】

(5) $0.002 < P < 0.0052$ [mm]
本発明により画素ピッチの小さな撮像素子を用いる場合、光学系の射出瞳位置は適度に遠くしておくことが求められる。画素ピッチが小さくなると、光電変換領域の面積が小さくなり、そこに入射する光量が少なくなるため、撮像装置としての感度が低下する問題がある。そこで、撮像面の上部にマイクロレンズを設けて、光電変換面よりも広い領域の光を光電変換面に効率良く集光する方法が採られる。そのため、撮像面に対して光が極端に斜めに入射すると、光電変換面に入射する光量が減る現象を起こし、画像が暗くなる問題が生じる。

【0054】そこで、本発明の撮像装置に用いる光学系は、使用する全てのフォーカス位置で以下の条件を満足することが望ましい。

(6) $|H/L| < 0.20$

ただし、Hは撮像素子の画像生成に関わる撮像面の対角線長、Lは撮像面から測ったレンズ系の射出瞳位置までの距離である。レンズ系がズームレンズの場合には、Lは広角端から望遠端の間の最も撮像面側に近い射出瞳位置である。

【0055】特に汎用性の高い撮像装置を用いる場合や、特に画素ピッチの小さな撮像装置を用いる場合には、撮像面に入射する光の角度がさらに小さくなることが望ましい。したがって、

(7) $|H/L| < 0.17$

を満たせばさらに望ましい。

【0056】以下の条件を満足すれば、なお好ましい。

【0057】(8) $|H/L| < 0.15$

一方、素子サイズに関して、以下の条件を満足することが望ましい。

(9) $3 < H < 17$ [mm]

式(9)の下限の3mmを越えて撮像素子を小さくすると、必要な画素数を得るための画素ピッチが小さくなりすぎ、条件(2)を満足しない。また、上限値の17mmを越えて大きくなると、撮像装置が大型化する、あるいは撮像素子のコストを下げるのが困難になり、本発明の目的に反する。

【0058】さらには、下記の条件を満足すると、なお好ましい。

(10) $4.2 < H < 12$ [mm]

この式(10)の上下限は条件(5)の上下限に対応している。

【0059】また、解像可能画素単位に対応する撮像素

子上でのピッチと実際の撮像素子の各画素のピッチの大きさは長さ比で3対1以下の対応関係とすることにより、必要最小限の画素数で、本発明の目的とする写真画質に匹敵する高品位な画像を得ることができる。これ以上比率を大きくすると、必要な画素数に比べ撮像素子が保有する画素数が多くなりすぎ、画質の向上には有利となるものの、データ数の点で無駄が多い。

【0060】眼の分解能は個人差があるため、より多くのユーザが高品位な画像と認識するためには、良像限界画素単位や、解像可能画素単位はさらに小さくすることが望ましい。

【0061】解像可能画素単位を立体角 $1.11'$ （視力0.9に対応する）程度に対応する大きさに設定すると、六つ切りを越える大きさのプリントで、35mm低感度の銀塩フィルム（24mm×36mm）で撮影プリントされた画像、若しくはブローニーサイズ（60mm×90mm）で撮影された画像と比較しても、十分鑑賞できる画像が得られる。このときの必要な画素数は用紙フルサイズに対し約370万画素、余白をとる場合には約310万画素となる。

【0062】すなわち、

(11) $3 < N < 20$ [100万]

であればなお好ましい。

【0063】解像可能画素単位を立体角 $1'$ （視力1.0に対応する）程度に対応する大きさに設定すると、六つ切りを越える大きさのプリントで、ブローニーサイズ低感度の銀塩フィルムで撮影プリントされた画像、若しくは4×5インチサイズのフィルムで撮影された画像と比較しても、十分鑑賞できる画像が得られる。このときの必要な画素数は用紙フルサイズに対し約460万画素、余白をとる場合には約390万画素となる。

【0064】したがって、

(12) $3.8 < N < 20$ [100万]

であればなお好ましい。

【0065】もちろん、分解能を越えた細かさの画素単位があると、すでに各画素を認識することはなくても、グラデーションは豊かに感じるため、高品位な画像にはより望ましい。

【0066】以上の本発明の条件を満足することにより、ナイキスト周波数でのMTFが低くなり、モアレの濃度を抑制する効果が得られる。そのため、光学ローパスフィルターが不要となり、中間の空間周波数での光学性能を劣化させる要因を省略することが可能となる。

【0067】撮像素子の光電変換部の上にモザイク状に色フィルターを配置することによりカラー画像を取り込む、いわゆる単板式撮像装置の場合で、特に画素化に伴う偽色を補正する場合には、各色フィルターの分光透過率に応じた白色の、開口値F5.6での、光学ローパスフィルターによるローパス作用を除いた、画面中心における点像強度分布の90%エンサークルドエネルギーの

直径が、同じ色フィルター同士のピッチ間隔の2倍以上であることが望ましい。このようにすれば、偽色抑制の目的での光学的ローパスフィルターが必ずしも必要でなくなり、さらに低コスト化に有利となる。

【0068】単板カラー方式の撮像装置の場合、撮像素子の各画素から得られる画像情報は、特定の色に関するものだけであるため、通常、周囲の画素からの情報を用いて、各画素の位置におけるRGB若しくはCMYの情報を作り出す処理を行う。したがって、撮像素子の画素数は、前述の必要な画素数と少なくとも同じか、若しくはそれ以上であることが望ましい。より高品位な画像を得るためには、撮像素子の画素数が、前述の必要な画素数の1.5倍以上あれば、画素化の処理による画質の劣化を考慮しても、高品位な画像を得ることができ、なお好ましい。

【0069】また、本発明の構成をとることにより、輪郭強調処理を施さなくても、ある程度の高品位な画像を得ることが可能となるため、輪郭強調処理が不要となり、処理回路の単純化に効果的である。あるいは、輪郭強調処理レベルを低くすることによって、輪郭強調処理による画像劣化を抑制できるので、大きなサイズへの画像とした際にも高品位な画像を得ることが可能となる。

【0070】本発明の構成による撮像装置により、写真画質に匹敵する高品位な画像を得るためには、光束径を縮小化することにより開口値を変える機構、いわゆる絞り装置を含んだレンズ系とすることが望ましい。そのとき、絞りによる被写界深度の変化を画像に反映させるためには、絞りはF4を越えて絞ることができることが望ましい。

【0071】さらには、F5.6を越えて絞ることができる機構とすれば、浅い被写界深度から深い被写界深度まで制御することができ、特に焦点距離の長いレンズ系を用いたときに、被写界深度の深い画像を撮影することが可能となる。F8を越えて絞ることができる機構とすれば、なお好ましい。

【0072】

【実施例】以下、上記の本発明の撮像装置の実施例について説明する。本発明に基づく撮像装置全体の構成は、図1に示すように、被写体の像を結像する光学系10と、その結像位置に配置されたCCD等からなる撮像素子20と、その撮像素子20で得られた画像信号を処理する信号処理回路30と、その信号処理回路30に接続され、撮像された画像データを記憶する記憶装置40と、信号処理回路30に接続され、撮像された画像を表示する表示装置50と、撮像された画像を出力するプリンター等の出力装置60とからなる。

【0073】また、光学系10は、図示しない複数の羽絞りを可動させることにより光学系10の光軸を中心として開口の大きさを可変に構成した開口絞り70を有している。この開口絞り70の開口の大きさ及び撮像素子

20による露光時間を共に制御する露出制御回路80により、撮像素子20が読み取るべき光量が適正に制御される。

【0074】この開口の大きさ及び露光時間の組み合わせによる露出制御は、被写体の状態を測光して露出制御回路80により自動設定されるか、又は、使用者が任意に開口値又は露光時間を設定でき、それに合わせて露光時間又は開口値を自動制御するか、開口値及び露光時間も使用者の好みにより設定できるように構成されている。

【0075】以下に、主として光学系10に用いるレンズ系とその際に用いる撮像素子20に関する実施例1、2について説明する。

【0076】実施例1

この実施例は、光学系10として単焦点レンズを使用する実施例であり、撮像素子20としては、1/3インチ(4.8mm×3.6mm)で、撮像面の対角線長Hが6.0mm、画素数 $1830 \times 1370 = 250.7$ 万画素で、ピクセルサイズPが $2.63 \mu\text{m}$ のものを用いる。

【0077】光学系10を構成するレンズ系は、図2に断面図を示すように、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、絞りと、両凹レンズと両凸レンズの接合レンズと、両凸レンズとからなるレトロフォーカスタイプの単焦点レンズ系であり、レンズ系と像面Iの間に撮像素子20のカバーガラス、フィルター類を構成する平行平板が配置されている。このレンズ系の数値データは後記するが、最も像面側の面に非球面を用いている。この実施例の収差図を図3に示す。図中、SAは球面収差、ASは非点収差、DTは歪曲収差、CCは倍率色収差を示す(以下の収差図においても同じ)。ただし、図中、“ ω ”は半画角を表している。

【0078】実施例1の式(1)に関する値は、 $\phi/P \times \sqrt{2.5/N} = 4.58$ であり、また、式(2)に関する値 $P = 0.00263 \text{ mm}$ 、式(3)に関する値 $N = 2.507$ 百万であり、また、式(6)に関する値 $|H/L| = 0.109$ であり、何れもそれらの条件式を満足しており、得られた画像を六つ切り程度以上に拡大しても銀塩写真に匹敵する高品位な画像が得られ、また、開口値F4を越えた絞り値によって被写界深度をコントロールすることが可能で、小型低コストな撮像装置を得ることができる。なお、本実施例は、絞り開放時のFナンバーからF16近辺まで多段階に若しくは連続して開口の大きさが調整可能に構成されている。

【0079】実施例2

この実施例は、光学系10としてズームレンズを使用する実施例であり、撮像素子20としては、2/3インチ(8.8mm×6.6mm)で、撮像面の対角線長Hが11.0mm、画素数 $2095 \times 1570 = 328.9$

万画素で、ピクセルサイズPが4.2 μ mのものをを用いる。

【0080】光学系10を構成するズームレンズは、図4に広角端での断面図を示すように、物体側から順に、第1レンズ群G1は、両凸レンズ1枚からなり、第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、両凹レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズの3枚からなり、絞りSが続く、絞りSの後の第3レンズ群G3は、両凸レンズと、両凹レンズの2枚からなり、第4レンズ群G4は、両凸レンズ1枚からなり、広角端から望遠端にかけて、第1レンズ群G1、第2レンズ群G2、絞りSは何れも物体側に凹の軌跡に沿って移動し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4は相互の間隔を広げながら物体側に移動する。レンズ系と像面Iの間には撮像素子20のカバーガラス、ローパスフィルター以外のフィルター類を構成する平行平板が配置されており、この実施例の全てのレンズはプラスチック素材で構成されている。このレンズ系の数値データは後記するが、第3レンズ群G3の最も物体側の面と第4レンズ群G4の物体側の面に非球面が用いられている。この実施例の広角端の収差図を図5に、標準状態の収差図を図6に、望遠端の収差図を図7にそれぞれ示す。

【0081】実施例2の式(1)に関する値は、 $\phi/P \times \sqrt{(2.5/N)} = 2.56 \sim 2.72 \sim 3.291$ (広角端～標準状態～望遠端)であり、また、式(2)に関する値P=0.0042mm、式(3)に関する値

N=3.289百万であり、また、式(6)に関する値 $|H/L|=0.137$ であり、全ての焦点距離において何れもそれらの条件式を満足しており、得られた画像を六つ切り程度以上に拡大しても銀塩写真に匹敵する高品位な画像が得られ、また、開口値F4を越えた絞り値によって被写界深度をコントロールすることが可能で、小型低コストな撮像装置を得ることができる。なお、本実施例は、絞り開放時のFナンバーからF16近辺まで多段階に若しくは連続して開口の大きさが調整可能に構成されている。

【0082】以下に、上記各実施例の光学系10の数値データを示すが、記号は上記の外、fは全系焦点距離、F_{N0}はFナンバー、2 ω は画角、f_Bはバックフォカス、r₁、r₂…は各レンズ面の曲率半径、d₁、d₂…は各レンズ面間の間隔、n_{d1}、n_{d2}…は各レンズのd線の屈折率、 ν_{d1} 、 ν_{d2} …は各レンズのアッペ数である。なお、非球面形状は、xを光の進行方向を正とした光軸とし、yを光軸と直交する方向にとると、下記の式にて表される。

$$x = (y^2/r) / [1 + \{1 - P(y/r)^2\}^{1/2}] + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10}$$

ただし、rは近軸曲率半径、Pは円錐係数、A₄、A₆、A₈、A₁₀はそれぞれ4次、6次、8次、10次の非球面係数である。

【0083】

f	=	5.12			
F _{N0}	=	2.8			
2 ω	=	63.37°			
f _B	=	3.9118			
r ₁	=	13.2689	d ₁	=	2.3000
r ₂	=	53.6681	d ₂	=	0.2500
r ₃	=	5.0828	d ₃	=	0.7500
r ₄	=	1.9499	d ₄	=	1.7661
r ₅	=	∞ (絞り)	d ₅	=	1.1000
r ₆	=	-8.4429	d ₆	=	0.8000
r ₇	=	9.5020	d ₇	=	3.5000
r ₈	=	-4.4294	d ₈	=	0.1500
r ₉	=	9.0885	d ₉	=	3.6000
r ₁₀	=	-18.2764 (非球面)	d ₁₀	=	1.5000
r ₁₁	=	∞	d ₁₁	=	0.7500
r ₁₂	=	∞			

非球面係数

第10面

$$P = 1.00000$$

$$A_4 = 0.73370 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -0.65295 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 0$$

$$A_{10} = 0$$

【0084】

実施例2

$$f = 9.04 \sim 15.61 \sim 26.93$$

$$F_{\lambda 0} = 2.8 \sim 3.0 \sim 4.2$$

$$2\omega = 60.55^\circ \sim 38.62^\circ \sim 22.73^\circ$$

$$f_B = 14.9208 \sim 14.9208 \sim 14.9208$$

$r_1 =$	41.1141	$d_1 =$	4.7904	$n_{d1} =$	1.49216	$\nu_{d1} =$	57.50
$r_2 =$	-664.4147	$d_2 =$	(可変)				
$r_3 =$	32.3483	$d_3 =$	1.6000	$n_{d2} =$	1.49216	$\nu_{d2} =$	57.50
$r_4 =$	10.4358	$d_4 =$	8.7931				
$r_5 =$	-24.1092	$d_5 =$	2.0000	$n_{d3} =$	1.49216	$\nu_{d3} =$	57.50
$r_6 =$	20.2995	$d_6 =$	1.4357				
$r_7 =$	17.0475	$d_7 =$	2.0000	$n_{d4} =$	1.58423	$\nu_{d4} =$	30.49
$r_8 =$	41.4263	$d_8 =$	(可変)				
$r_9 =$	∞ (絞り)	$d_9 =$	(可変)				
$r_{10} =$	8.5729 (非球面)	$d_{10} =$	5.4175	$n_{d5} =$	1.49216	$\nu_{d5} =$	57.50
$r_{11} =$	-16.6940	$d_{11} =$	0.1500				
$r_{12} =$	-29.1412	$d_{12} =$	0.9800	$n_{d6} =$	1.58423	$\nu_{d6} =$	30.49
$r_{13} =$	9.3322	$d_{13} =$	(可変)				
$r_{14} =$	14.5420 (非球面)	$d_{14} =$	3.5252	$n_{d7} =$	1.49216	$\nu_{d7} =$	57.50
$r_{15} =$	-22.7125	$d_{15} =$	(可変)				
$r_{16} =$	∞	$d_{16} =$	0.8000	$n_{d8} =$	1.48749	$\nu_{d8} =$	70.20
$r_{17} =$	∞						

ズーム間隔

f	9.04	15.61	26.93
d_2	1.1531	10.2583	21.9662
d_8	19.6098	7.4221	2.5000
d_9	13.4153	9.2369	2.0000
d_{13}	2.4188	3.9308	8.6180
d_{15}	2.0000	4.0000	14.2771

非球面係数

第10面

$$P = 1.00000$$

$$A_4 = -0.17594 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -0.15213 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -0.17058 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = -0.15577 \times 10^{-9}$$

第14面

$$P = 1.00000$$

$$A_4 = -0.10902 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 0.57701 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = -0.10359 \times 10^{-9}$$

$$A_{10} = 0.60403 \times 10^{-10}$$

【0085】なお、本発明の説明はデジタルカメラを中心に説明したが、他の撮像装置（例えばデジタルビデオカメラ）を用いて静止画像を観察する場合も同様である。

【0086】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によると、撮像装置の光学系の結像性能、撮像素子の画素数、画素ピッチが最適化されているので、得られた画像を六つ切り程度以上に拡大しても銀塩写真に匹敵する高品位な画像が得られ、また、開口値F4を越えた絞り値によって被写界深度をコントロールすることが可能で、小型低コストな撮像装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に基づく撮像装置全体の構成を示す図である。

【図2】本発明の実施例1における光学系を構成するレンズ系の断面図である。

【図3】実施例1のレンズ系の収差図である。

【図4】本発明の実施例2における光学系を構成するズームレンズの広角端での断面図である。

【図5】実施例2のズームレンズの広角端の収差図である。

【図6】実施例2のズームレンズの標準状態の収差図である。

【図7】実施例2のズームレンズの望遠端の収差図である。

【図8】電子撮像系の伝達関数を示す図である。

【図9】光学系のMTF特性を示す図である。

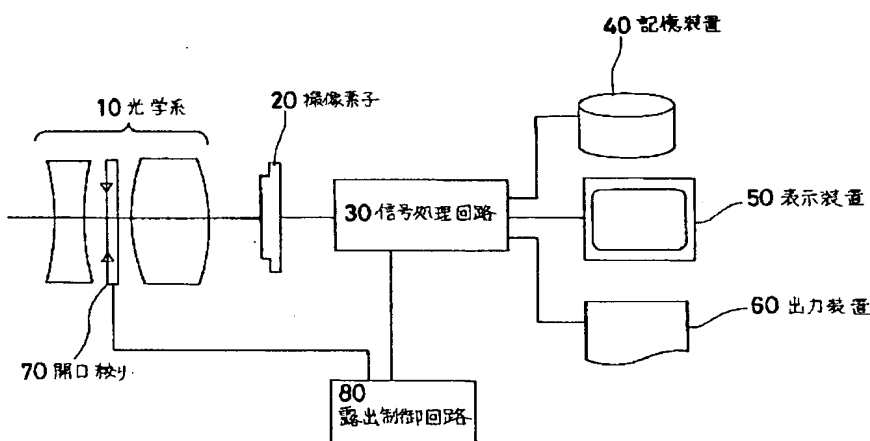
【図10】ピッチ間隔7.5μmの場合の総合的なMTF特性を示す図である。

【図11】ピッチ間隔5μmの場合の総合的なMTF特性を示す図である。

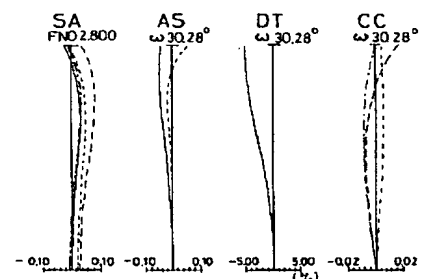
【符号の説明】

- 10…光学系
- 20…撮像素子
- 30…信号処理回路
- 40…記憶装置
- 50…表示装置
- 60…出力装置
- 70…開口絞り
- 80…露出制御回路
- G1…第1レンズ群
- G2…第2レンズ群
- G3…第3レンズ群
- G4…第4レンズ群
- S…絞り
- I…像面

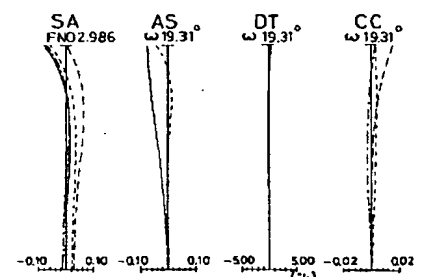
【図1】



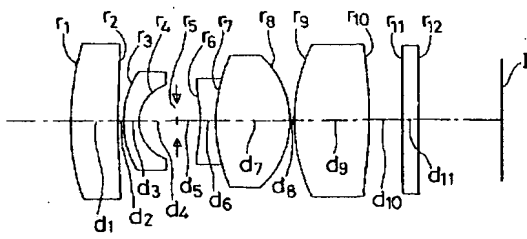
【図5】



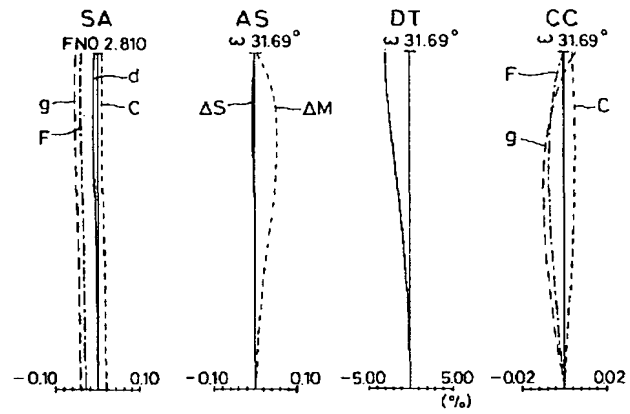
【図6】



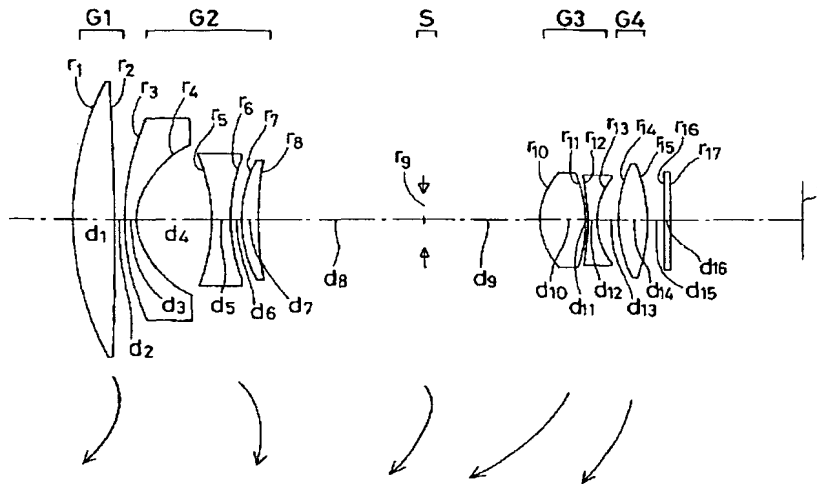
【図2】



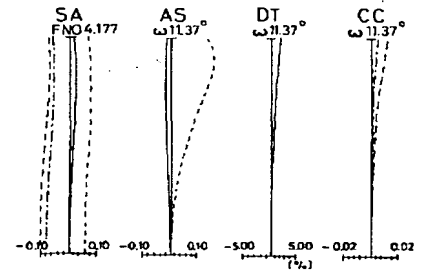
【図3】



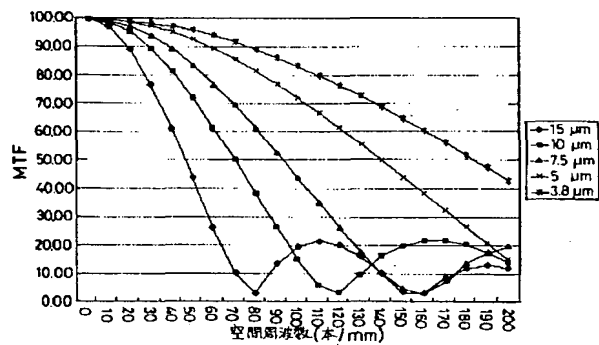
【図4】



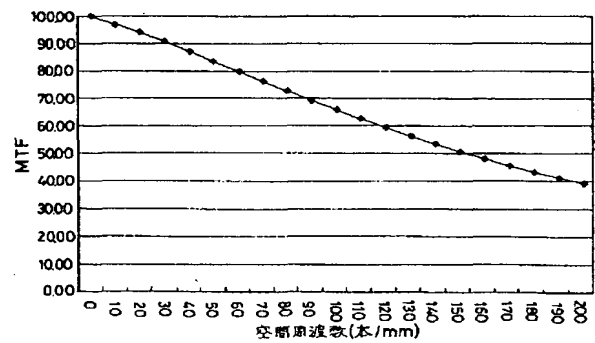
【図7】



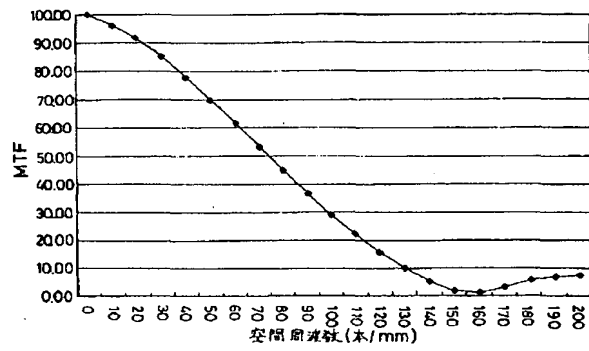
【図8】



【図9】



【図10】



【図11】

